

Pinhão-Manso na Alimentação de Peixes: Potencial e Perspectivas



ISSN 1679-043X
Dezembro, 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agropecuária Oeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 126

Pinhão-Manso na Alimentação de Peixes: Potencial e Perspectivas

*Marco Aurélio Lopes Della Flora
Ricardo Borghesi
Hamilton Hisano*

Embrapa Agropecuária Oeste
Dourados, MS
2014

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6

Trecho Dourados-Caarapó

79804-970 Dourados, MS

Caixa Postal 449

Fone: (67) 3416-9700

Fax: (67) 3416-9721

www.embrapa.br/agropecuaria-oeste

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*

Membros: *Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni Fontes, Danilton Luiz Flumignan, Fernando Mendes Lamas, Germani Concenção, Ivo de Sá Motta, Marciana Retore e Michely Tomazi*

Membros suplentes: *Augusto César Pereira Goulart e Crêbio José Ávila*

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Fotos da capa: *Hamilton Hisano e Cesar José da Silva*

1ª edição

On-line (2014)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agropecuária Oeste

Della Flora, Marco Aurélio Lopes

Pinhão-mansão na alimentação de peixes : potencial e perspectivas / Marco Aurélio Lopes Della Flora, Ricardo Borghesi, Hamilton Hisano. – Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste, 2014.

40 p. ; 16 x 21 cm. – (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X ; 126).

1. Peixe – Alimentação – Pinhão-mansão. I. Borghesi, Ricardo. II. Hisano, Hamilton. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Título. V. Série.

Autores

Marco Aurélio Della Flora

Zootecnista, doutorando em Zootecnia,
Universidade Federal de Minas Gerais,
Belo Horizonte, MG.

Ricardo Borghesi

Zootecnista, doutor em Agronomia, pesquisador da
Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

Hamilton Hisano

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da
Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Apresentação

Com o aumento da população mundial, estimada em mais de 7 bilhões de habitantes, e o crescimento da economia dos países em desenvolvimento, há a necessidade de se buscar alternativas e tecnologias para atender à crescente demanda por proteína animal.

Dentre as atividades zootécnicas que podem suprir essa demanda destaca-se a aquicultura, que tem apresentado expressivo crescimento nos últimos anos, impulsionado pelo aumento de consumidores em busca de uma alimentação mais saudável. Consequentemente, a produção de rações para aquicultura e a demanda por ingredientes de boa qualidade também vêm aumentando. Nesse sentido, pesquisas vêm sendo realizadas visando avaliar vários coprodutos agroindustriais, que apresentem volume de produção, qualidade nutricional, baixo custo e oferta em várias épocas do ano, para que possam ser incluídos nas rações comerciais. Dentre alguns coprodutos com potencial de aplicação em rações para aquicultura, destacam-se as tortas e farelos de oleaginosas destinadas à produção de biodiesel.

O pinhão-mansão é uma planta oleaginosa arbustiva, cujo cultivo está ganhando destaque no Brasil, em virtude de seu potencial para produção de biodiesel. Os coprodutos oriundos da extração de seu óleo (torta e farelos) podem, com certas limitações, ser utilizados como fonte proteica para a

alimentação animal, por apresentar composição nutricional equivalente a alguns alimentos convencionais utilizados pelas fábricas de ração.

Esta revisão traz importantes informações sobre as características gerais e nutricionais, os fatores antinutricionais presentes no pinhão-mansão e o potencial de uso na alimentação de peixes.

Espera-se que esta publicação da Embrapa leve ao leitor novos e importantes elementos a serem considerados na cadeia de valor de empreendimentos aquícolas.

Guilherme Lafourcade Asmus
Chefe-Geral
Embrapa Agropecuária Oeste

Sumário

Pinhão-Manso na Alimentação de Peixes: Potencial e Perspectivas.....	9
Introdução.....	9
Características Gerais e Nutricionais do Pinhão-Manso	11
Pinhão-Manso na Alimentação de Peixes e Outras Espécies.....	13
Principais Fatores Antinutricionais Presentes no Pinhão-Manso.....	18
Éster de forbol.....	18
Inibidores de tripsina.....	22
Fitato.....	23
Saponinas.....	24
Lectina.....	26
Considerações Finais.....	27
Agradecimentos.....	28
Referências.....	28

Pinhão-Manso na Alimentação de Peixes: Potencial e Perspectivas

*Marco Aurélio Lopes Della Flora
Ricardo Borghesi
Hamilton Hisano*

Introdução

O Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (2012), editado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura, indicou um crescimento de 31,1% da piscicultura brasileira em 2011. Segundo esse Boletim, a produção nacional de pescado foi de 1,43 milhões de toneladas no ano de 2011, das quais 803,2 mil toneladas foram provenientes da pesca e 628,7 mil toneladas provenientes da aquicultura, sendo que neste último segmento a produção passou de 479,4 mil toneladas em 2010 para 628,7 toneladas em 2011. Dentro da aquicultura, destaca-se a piscicultura continental, que representou, em 2011, 86,6% da produção aquícola no país (BOLETIM..., 2012).

O crescimento da produção aquícola nacional pode ser comprovado pelo aumento da produção das rações para organismos aquáticos. Em 2011, foram produzidas 570 mil toneladas de rações destinadas à aquicultura, sendo que, deste total, 500 mil toneladas foram para peixes (PEIXES..., 2013). Em 2012, 650 mil toneladas de rações foram destinadas à aquicultura, sendo 575 mil toneladas para piscicultura (PEIXES..., 2013).

Por outro lado, os custos com alguns alimentos que compõem as rações comerciais de peixes, tais como milho e soja, aumentaram substancialmente nesses últimos anos. O farelo de soja (FS) é a fonte

proteica de origem vegetal mais utilizada em rações para organismos aquáticos, em função da disponibilidade, boa aceitação pela maioria das espécies de interesse comercial, além de apresentar equilibrado perfil de aminoácidos. Dessa forma, as fábricas de ração estão investindo na busca de potenciais sucedâneos ao FS capazes de proporcionar equivalente desempenho com menor custo.

O pinhão-manso destaca-se como possível substituto do FS, com perfil nutricional até mesmo superior, quando previamente descascado e desengordurado. Seu cultivo está ganhando destaque no Brasil, em virtude de seu potencial para produção de biodiesel e também por apresentar características agrônômicas interessantes, como tolerância à seca e a solos de baixa fertilidade, e principalmente, pelo alto teor de óleo da semente.

Além de alternativa para produção de biodiesel, seu óleo também pode ser empregado para iluminação em pequenas propriedades, produção de sabão e velas (EL-GAMASSY, 2008). Além disso, outras partes da planta também possuem variadas aplicações, como o uso na medicina popular, uso veterinário, ação anti-inflamatória e anticoagulante, além de propriedades acaricida e inseticida (ABDEL-SHAIFY et al., 2011; MUJUMDAR; MISAR, 2004).

De acordo com Saturnino et al. (2005), o conhecimento sobre variedades melhoradas ou cultivares de pinhão-manso ainda é incipiente. No entanto, a maioria dos países interessados nesta cultura está prospectando a diversidade genética dessa espécie e coletando germoplasma, dentro de seu próprio território e ao redor do mundo, objetivando fins carburantes, alimentares e/ou medicinais da espécie. O pinhão-manso apresenta no Brasil ancestralidade comum e recente, mas com necessidade da introdução de genótipos do centro de origem (México) para o enriquecimento do banco de germoplasma (ROSADO et al., 2010).

Por outro lado, o uso de seus coprodutos, como tortas e farelos, é limitado em função de alguns fatores tóxicos como o éster de forbol e de antinutrientes como fitato, lectina, inibidores de protease, polissacarídeo

não amiláceo e saponina. Portanto, estudos têm sido realizados objetivando eliminar ou modificar a estrutura química do éster de forbol, para que o mesmo diminua sua toxicidade, tornando assim viável a utilização deste coproduto na alimentação animal (MENDONÇA; LAVIOLA, 2009).

Esta revisão tem por objetivos apresentar as características gerais e nutricionais, os fatores antinutricionais presentes no pinhão-manso e o potencial de uso na alimentação de peixes.

Características Gerais e Nutricionais do Pinhão-Manso

O pinhão-manso (*Jatropha curcas*) pertence à família das euforbiáceas, a qual engloba também a mamona (*Ricinus communis*), a mandioca (*Manihot esculenta*) e a seringueira (*Hevea brasiliensis*). Apesar de algumas divergências, grande parte dos pesquisadores afirmam que o pinhão-manso é nativo da América do Sul e Central, tendo o México como provável país de origem, sendo também cultivado no Sudoeste da Ásia, Índia e África (GUSMÃO, 2010; NUNES, 2007).

O pinhão-manso é um arbusto perene, do tipo caducifólia, que atinge em média dois a três metros de altura, sendo tolerante à seca e a solos com baixa fertilidade e pedregosos (GONÇALVES et al., 2009). Entretanto, Gusmão (2010) relata que o pinhão-manso apresenta suscetibilidade a solos com déficit hídrico e fertilidade aquém de sua exigência, assim como a pragas e doenças. Há relatos de que a produção de óleo é cerca de três vezes superior à da soja, com rendimento médio de 1.500 kg de óleo ha⁻¹ (BECKER; MAKAR, 1998; KING et al., 2009; NITHIYANANTHAM et al., 2012).

Informações divulgadas pela “International *Jatropha curcas* Organization”, prospectam que a área plantada em 2017, em todo o mundo, alcançará 330.000 km², resultando em 160 milhões de toneladas de sementes e cerca de 53 milhões de toneladas de torta e farelo, oriundos do processo de extração do óleo (XIAO; ZHANG, 2014). No Brasil, acredita-se que a área de produção esteja próxima de 30 mil hectares, com estimativa de produção em torno de 90 mil toneladas de sementes, o que corresponderia a cerca de 58 mil toneladas de torta por ano (MENDONÇA; LAVIOLA, 2009).

A torta de pinhão-manso, resultante da prensagem das sementes, apresenta elevado valor nutritivo, com proteína bruta variando de 25% a 63%, extrato etéreo de 4% a 14,2%, fibra bruta de 36,7% a 45% e energia bruta em torno de 12,82 KJ g⁻¹ (ABDALLA et al., 2008; FERNANDES, 2010; SOUZA et al., 2009). De acordo com Nunes (2007), a composição química da torta de pinhão-manso varia conforme o genótipo e a forma de processamento, apresentando bom perfil de aminoácidos, exceto para lisina. O autor salienta que o pinhão-manso apresenta, em média, a seguinte composição em aminoácidos: arginina (12,90%), cistina (1,58%), fenilalanina (4,89%), histidina (3,08%), isoleucina (4,85%), leucina (7,50%), lisina (3,40%), metionina (1,76%), tirosina (3,78%), treonina (3,59%), triptofano (1,31%) e valina (5,30%).

No entanto, seu uso na alimentação animal é limitado em função da presença de compostos de natureza tóxica (éster de forbol-EF) e antinutricionais como fitato, lectina, saponina, inibidores de tripsina e polissacarídeos não amiláceos (PNA) (GONÇALVES et al., 2009; HAAS; MITTELBAACH, 2000; KUMAR et al., 2011b; LAVIOLA et al., 2010; MAKKAR et al., 1997; SOUSA et al., 2011). Porém, muitos destes antinutrientes são termolábeis, exceto o fitato e PNA.

O EF (12-deoxi 16-hidroxiforbol) é o principal componente tóxico presente no pinhão-manso. Quando ingerido pelos animais, induz respostas inflamatórias intensas, tumores, redução no consumo de ração, piora da conversão alimentar, e consequente redução no ganho de peso (FERNANDES, 2010; GONÇALVES et al., 2009). O EF está localizado,

principalmente, no albúmen, e sua composição varia conforme o genótipo (DEVAPPA et al., 2010). Em variedades cultivadas no Brasil foram encontradas concentrações de EF entre 1,41 a 8,97 mg g⁻¹ (FERRARI et al., 2009; LAVIOLA et al., 2010).

Em função do conteúdo de EF, processos de destoxificação por métodos químicos e físicos são necessários para tornar viável a aplicação do farelo de pinhão-manso na alimentação animal (MENDONÇA; LAVIOLA, 2009). Por outro lado, também existe possibilidade de avaliação de acessos atóxicos oriundos de regiões do México, como Quintana Roo, Vera Cruz e Morelos (MAKKAR et al., 1998).

Pinhão-Manso na Alimentação de Peixes e Outras Espécies

O pinhão-manso caracteriza-se como alimento proteico alternativo. Contudo, poucos são os trabalhos desenvolvidos com acessos tóxicos, atóxicos e destoxificados sob os diferentes métodos químicos, físicos e biológicos na alimentação de várias espécies de interesse zootécnico, visando a avaliar seus efeitos sobre o desempenho, digestibilidade, metabolismo e saúde dos animais.

No Brasil, apenas um experimento com a utilização do farelo de pinhão-manso não destoxificado foi desenvolvido para peixes (FERNANDES, 2010). O farelo não tratado foi incluído em rações para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em níveis crescentes, variando de 1% a 16%. Os animais que consumiram acima de 2% de torta na ração apresentaram sinais de anorexia, hemorragia nos opérculos, escoliose, inanição e alterações teciduais das vilosidades do intestino. O tratamento com 16% de inclusão resultou em 100% de mortalidade do lote, demonstrando o efeito

dos fatores antinutricionais e tóxicos do alimento estudado (FERNANDES, 2010).

Entretanto, metodologias e processos que extraíam ou modifiquem a estrutura química do EF, para reduzir seus efeitos nocivos aos animais, estão sendo avaliados. Makkar et al. (2009) verificaram completa degradação do EF com tratamento do óleo de pinhão-manso a 260 °C com 3 mbar de pressão e 1% de vapor injetado. El Diwani et al. (2011) conseguiram remover 75% do EF da torta, a partir de bicarbonato de sódio (NaHCO_3), seguido da adição de ozônio. Devappa e Swamylingappa (2008) conseguiram eliminar o EF do farelo de amêndoa do pinhão-manso, durante preparo de isolado proteico. Os autores sugerem que o sucesso na remoção do EF esteja relacionado à injeção de vapor, lavagem e eficiência na remoção do óleo, durante o processamento.

Abou-Arab e Abu-Salem (2010) avaliaram diferentes tratamentos físicos (imersão em água destilada, germinação e tostagem) e químicos (NaHCO_3 , extração com etanol, NaOH) e relataram redução efetiva dos compostos fenólicos, ácido fítico, saponina e inibidores de tripsina. Redução significativa no fitato, saponina, cianeto, tanino e oxalato também foram verificados por Ameen et al. (2011), a partir de processos biológicos envolvendo tratamento com fungos *Aspergillus niger* e *Mucor mucedo*. Utilizando fermentação biológica com *Bacillus licheniformis*, Phengnuam e Suntornsuk (2013) obtiveram redução de 62% do éster de forbol, 42% do fitato e 75% dos inibidores de tripsina, não apresentando efeito sobre a lectina. Reforçando a eficiência dos métodos de destoxificação por ação biológica, Joshi et al. (2011) conseguiram a completa degradação do EF, a partir de fermentação em estado sólido por *Pseudomonas aeruginosa*.

Na Alemanha, alguns pesquisadores da Universidade de Hohenheim estão em processo de patenteamento do método de destoxificação do farelo de pinhão-manso, a partir de tratamento com solvente, seguido de autoclavagem. Com os resultados obtidos por Kumar et al. (2011a) foi possível verificar que a substituição de até 50% da proteína da farinha de peixe (FP) pela do farelo de pinhão-manso destoxificado (FPMD) é viável

para carpa. Além disso, o farelo apresentou alta digestibilidade para matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta. No entanto, os peixes alimentados com pinhão-manso apresentaram significativa redução da atividade de enzimas digestivas, atribuída à presença de alguns antinutrientes.

Resultados semelhantes foram obtidos para juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), sendo possível substituir em 50% a proteína da FP pela FPMD, sem prejuízo ao desempenho, utilização dos nutrientes, metabolismo e alguns parâmetros hematológicos dos peixes que receberam o pinhão-manso em sua alimentação (KUMAR et al., 2011b).

Krome et al. (2014) avaliaram o FPMD como fonte proteica em dietas para tilápia-do-nilo. Para tal, quatro dietas foram produzidas substituindo-se a farinha de peixe em 50%, 75% e 100%. Os autores observaram que o ganho em peso dos peixes alimentados com a dieta controle foi significativamente maior do que em todos os outros tratamentos. No entanto, a taxa de crescimento específico e conversão alimentar dos animais que receberam as dietas com 50% e 75% de substituição, não diferiram do controle.

Workagegn et al. (2013) investigaram o efeito da inclusão de 10%, 20%, 30% e 40% de farelo de *J. curcas* submetido ou não a tratamento térmico, sobre o desempenho, a eficiência de utilização de alimentos para animais e a taxa de sobrevivência de juvenis de tilápia-do-nilo. Os resultados revelaram que o melhor peso final e a taxa de crescimento específico foram observados nos peixes alimentados com a dieta controle, com e sem tratamento térmico, seguido do tratamento com 10% de inclusão com tratamento térmico.

Em pesquisa realizada com camarão-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), Harter et al. (2011) observaram melhores resultados de desempenho e utilização de nutrientes nos animais que receberam dieta com FPMD, em comparação aos animais que receberam a dieta controle (FP como principal

fonte proteica). Estes autores também verificaram boa aceitação das rações e comportamento normal em a toda fase experimental.

Em função da expansão mundial do cultivo do pinhão-manso, alguns estudos também estão sendo executados com outras espécies de animais. Abdel-Shafy et al. (2011) avaliaram o efeito do farelo de sementes de pinhão-manso tóxico e desengordurado (2,5%, 5%, 7,5% e 10% de inclusão) sobre os parâmetros de desempenho, o efeito acaricida e o hemograma de coelhos alimentados durante 8 semanas. Verificou-se redução no ganho de peso, consumo de matéria seca e piora na eficiência alimentar dos animais nos níveis de 5% a 10% de inclusão. Além disso, houve redução na concentração de hemoglobina, volume de células, conteúdo de células vermelhas, aumento do volume corpuscular, leucopenia, linfopenia e neutropenia. No grupo alimentado com 10% de farelo de *J. curcas*, verificou-se efeito acaricida, com 60% a 90% de rejeição dos carrapatos (*Hyalomma marginatum marginatum*).

Annongu et al. (2010) avaliaram o efeito de cinco métodos de destoxificação do FPMD envolvendo processos físicos (fervura e/ou tostagem) e químicos (hexano e/ou etanol) na alimentação de frangos, em substituição de 5% ao farelo de soja, sobre os parâmetros de desempenho, bioquímicos e hematológicos. Verificaram que não houve efeito adverso no desempenho animal e consumo alimentar. Entretanto, para o tratamento que correspondeu ao método de fervura e tostagem, seguido de fermentação, foi observada alta taxa de mortalidade dos animais (83%). Os autores reportaram ainda alterações nos níveis de colesterol sanguíneo, ureia e alanina aminotransferase, provocados pela ação das toxinas e antinutrientes do pinhão-manso.

De acordo com El-Fadel et al. (2011), cordeiros alimentados com farelo de pinhão-manso atóxico, sob tratamento térmico ou biológico (*Lactobacillus acidophilus*), em substituição ao farelo de soja (25% ou 50%), apresentaram melhora na cinética de degradação, degradabilidade efetiva da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta, quando submetidos ao tratamento biológico, comparados ao farelo não tratado, e com tratamento térmico.

A substituição de 50% de farelo tratado biologicamente não interferiu no peso final, ganho médio diário e consumo alimentar dos animais alimentados durante 150 dias, confirmando a eficiência do processamento, quando corretamente utilizado, sobre a inativação dos fatores antinutricionais.

Katole et al. (2011) avaliaram o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e cloreto de sódio (NaCl) na destoxificação do farelo de pinhão-manso e posterior utilização da torta tratada quimicamente na alimentação de ovelhas. Ao término do período experimental (90 dias), os animais apresentaram redução no consumo de proteína bruta, matéria orgânica, além de alterações dos metabólitos sanguíneos (hematócrito, albumina sérica, glicose), enzimáticos (aspartato aminotransferase, fosfatase alcalina e lactato desidrogenase) e hormonais (tiroxina, triiodotironina e testosterona). No entanto, a digestibilidade dos nutrientes não foi afetada pela inclusão do farelo na dieta.

Belewu et al. (2010), ao avaliarem rações contendo torta de albúmen de *J. curcas* tratada com fungos (*Aspergillus niger* ou *Trichoderma longibrachiatum*), na alimentação de cabras, observaram efeito negativo da inclusão de 2% ou 4% de pinhão-manso na dieta, sobre todas as variáveis estudadas (consumo e digestibilidade de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta e extrato etéreo), quando comparado ao controle (torta de soja).

De acordo com Belewu e Ogunsola (2010), cabras apresentaram alterações nos níveis de creatinina, ureia, neutrófilos, hemoglobina, conteúdo de células brancas e vermelhas, quando substituíram até 100% da soja pelo pinhão-manso tratado com *A. niger*. Os autores concluíram que a substituição de 50% não afetou os índices séricos e hematológicos dos animais. Porém, nos tratamentos com 50% ou 100% de substituição com pinhão-manso tratado com *T. longibrachitum*, observou-se desidratação dos animais e consequente morte, demonstrando a ineficiência de algumas cepas de fungos no processo de destoxificação.

Principais Fatores Antinutricionais Presentes no Pinhão-Manso

Éster de forbol

A principal limitação do uso do óleo e farelo de pinhão-manso como alimento é a presença do EF (12 deoxi – 16 hidroxiforbol) que, pela sua alta toxicidade, torna esses produtos impróprios para o consumo humano ou animal (PRASAD et al., 2012). Os EF são lipofílicos; encontram-se, principalmente, no óleo e na amêndoa; são termoestáveis e suas concentrações variam de 1 a 3 mg g⁻¹ no farelo da amêndoa e de 2 a 4 mg g⁻¹ no óleo de pinhão-manso (DEVAPPA et al., 2011; MAKKAR et al., 1997), além de diferenciar conforme a região onde a planta está inserida (WAKANDIGARA et al., 2013). Haas et al. (2002) identificaram a presença de seis moléculas de éster de forbol diferentes no óleo de *J. curcas*. No entanto, todas eram variações da mesma molécula de diterpeno (12 deoxi – 16 hidroxiforbol) (Figura 1).

Os EF são diterpenos que causam severos sintomas tóxicos aos animais e atuam como agonistas do diacilglicerol, um ativador da proteína quinase C (PKC), que regula diferentes vias de transdução (DEVAPPA et al., 2010, 2011), e regula, também, o crescimento e a diferenciação celular (GOEL et al., 2007). Sua interação com a PKC afeta a síntese de proteína e do DNA, atividades de várias enzimas, fosforilação de proteínas, diferenciação celular e expressão gênica, além de possuir efeito co-carcinogênico, purgativo, irritação da pele, e intensa resposta inflamatória (GOEL et al., 2007).

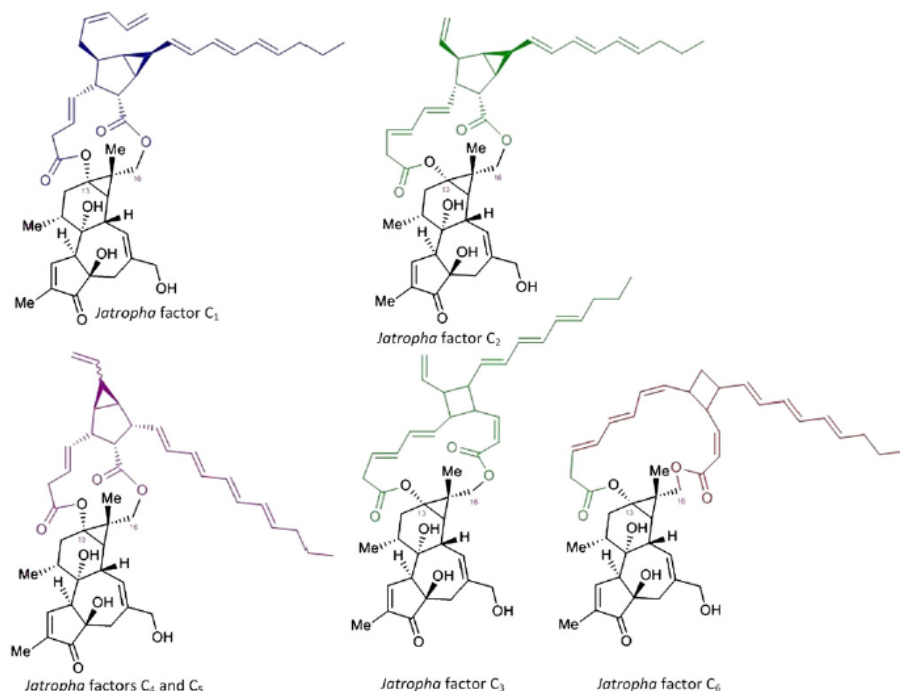


Figura 1. Diferentes estruturas da molécula do éster de forbol – EF.

Fonte: adaptada de Haas et al. (2002).

Ratos que receberam aplicação de EF intragástrica, nas dosagens de 21,26 a 36,00 mg kg⁻¹ de massa corporal, demonstraram DL₅₀ de 27,34 mg kg⁻¹ de peso (LI et al., 2010). Segundo os mesmos autores, doses acima de 32,4 mg kg⁻¹ provocaram alterações histopatológicas no pulmão e rim. Além disso, o consumo de óleo de pinhão-manso em 2 g kg⁻¹ de peso, causou toxicidade aguda, inibindo o nascimento de filhotes de ratos (ODUSOTE et al., 2002).

Da mesma forma, a carpa comum (*Cyprinus carpio*) demonstrou ser altamente sensível ao EF, uma vez que níveis acima de $31 \mu\text{g g}^{-1}$ na dieta induziram rejeição ao alimento, diminuição do crescimento e produção de muco fecal. No entanto, não provocou mortalidade aos animais até mesmo na dose mais elevada de $1.000 \mu\text{g g}^{-1}$ (BECKER; MAKKAR, 1998).

Na Tabela 1 estão apresentados os conteúdos de éster de forbol presentes nas diferentes partes da planta do pinhão-manso.

Tabela 1. Teores de éster de forbol em várias partes da planta de pinhão-manso.

Partes	Éster de forbol (mg g^{-1} matéria seca)
Amêndoa	2,00-6,00
Folha	1,83-2,75
Haste	0,78-0,99
Flor	1,39-1,83
Botão	1,18-2,10
Raiz	0,55
Látex	ND
Madeira	0,09

Fonte: adaptada de Makkar e Becker (2009).

Na Tabela 2 podem ser observados alguns dos efeitos do éster de forbol em diferentes espécies de animais.

Tabela 2. Toxicidade do éster de forbol em diferentes animais.

Animal	Aplicação	Sintomas
Humano	Ingestão	Ardor e dor na boca e garganta, vômitos, delírio, choque muscular, pulso acelerado e morte (WINK et al., 1997).
Bovino	Ingestão	Diarreia, inflamação gastrointestinal, desidratação, salivação (AHMED; ADAM, 1979).
Coelho/ roedor	Tópica	Eritema, edema, necrose, diarreia, espessamento da pele, formação de tumor (GANDI et al., 1995).
Caprino	Ingestão	Diarreia, depressão, perda de peso, morte (ADAM, 1974).
		Perda de apetite, redução do consumo de água, diarreia, desidratação e efeitos hemorrágicos em vários órgãos (ADAM; MAGZOUN, 1975).
Ovino	Ingestão	Distúrbios pulmonares, renais e hepáticos, diarreia, desidratação, caquexia e redução do consumo de alimento (FERREIRA et al., 2012).
Peixe	Ingestão	Alterações bioquímicas, redução no consumo, hemorragia opercular e na boca, escoliose, inanição, natação errática e morte (FERNANDES, 2010).

Inibidores de tripsina

Os inibidores de tripsina (IT) estão presentes, principalmente, em cereais e leguminosas, apresentando papel fundamental na defesa das plantas, tanto contra predadores quanto para agentes patogênicos (RYAN, 1990). Além disso, inibem a atividade de enzimas proteolíticas pancreáticas no trato gastrointestinal de monogástricos, reduzindo o crescimento do animal pelo baixo aproveitamento da proteína, provocando hipertrofia do pâncreas por constante estímulo pela colecistoquinina na liberação de mais enzima (FRANCIS et al., 2001a).

São divididos, tradicionalmente, em dois grupos: os inibidores termolábeis tipo Kunits, com peso molecular entre 20 e 25 kDa e poucas ligações de dissulfeto, apresentando exclusividade para tripsina e o outro grupo, Bowmann-Birk termo estável, possui peso molecular de 6 a 10 kDa e altas proporções de ligações de dissulfeto. Apresenta diferentes sítios para inibir tripsina e quimiotripsina (FRANCIS et al., 2001a; LIENER, 1994).

No pinhão-manso, Kodekalra (2012) identificou que 95,3% dos IT estão contidos no endosperma (25,36 mg g⁻¹). Valores semelhantes (27,3 mg g⁻¹) foram determinados por Xiao e Zhang (2014), quando o farelo foi desengordurado por extração com solvente orgânico, pelo método de Soxhlet. Contudo, quando extraído por prensagem, verificou-se redução significativa na atividade de IT (2,7 mg kg⁻¹), em razão da elevada temperatura (120 °C) gerada no processo. Reforçando os resultados obtidos, Makkar et al. (1997) e Makkar e Becker (2009) avaliaram genótipos tóxicos e atóxicos de *J. curcas* e encontraram atividades de IT entre 18,4 e 27,3 mg g⁻¹, que foram próximos aos obtidos por Smith et al. (1980) para o FS sem tratamento térmico (18,6 a 30 mg kg⁻¹).

Ao avaliar acessos de pinhão-manso atóxicos, tratados ou não-tratados termicamente, na alimentação de peixes e ratos, Makkar e Becker (1999) verificaram redução de 83% na atividade de IT, quando tratados termicamente com calor úmido (121 °C, 66% de umidade, por 30 a 45 minutos). Os mesmos autores não observaram efeito negativo de IT e

lectina, presentes no pinhão-manso administrado para peixes, durante o período experimental de 35 dias, demonstrando que esses animais não são sensíveis a esses antinutrientes. Nesse mesmo trabalho, os ratos alimentados durante 7 dias foram altamente sensíveis a esses fatores, apresentando um peso corporal 23% menor que os animais do grupo controle.

Para tilápia-do-nilo, níveis de 1,6 mg g⁻¹ de inibidores de tripsina são prejudiciais ao crescimento, sendo aconselhável concentração de até 0,6 mg g⁻¹ de dieta, para que não se tenha interferência no desempenho animal (WEE; SHU, 1989).

Fitato

O fitato é a principal forma de estoque de fósforo no tecido vegetal, nas formas de inositol mono, di, tri, tetraquis e pentaquisfosfato (KOHLMEIER, 2003). O inositol hexaquisfosfato (IP6) é a forma mais encontrada, sendo também conhecida como mio-inositol hexaquisfosfato, ácido fítico ou fitato (LOEWUS; MURTHY, 2000).

Por complexar elementos carregados positivamente, como proteínas e minerais di e tri valentes (Ca²⁺, Mn²⁺, Mg²⁺, Zn²⁺, Cu³⁺, Fe²⁺ e Fe³⁺), o fitato reduz a biodisponibilidade para animais monogástricos, sendo considerado um dos principais antinutrientes presentes no pinhão-manso, variando entre 7,2% e 10,1%.

Os efeitos deletérios do ácido fítico foram observados em peixes. Dietas formuladas com níveis acima de 1% de ácido fítico para o salmão-do-atlântico (*Salmo salar*) resultaram em redução no consumo alimentar, crescimento e piora na conversão alimentar, além de diminuição da atividade da tripsina, digestibilidade do Zn²⁺ e Mg²⁺ e retenção de P e Mg²⁺ (DENSTADLI et al., 2006). O linguado-japonês (*Paralichthys olivaceus*) também teve seu crescimento afetado, quando alimentado com níveis acima de 1,3% de ácido fítico (LAINING et al., 2010). Os mesmos autores

observaram que os animais apresentaram redução no consumo de ração, redução do P e Mg^{2+} no plasma, Ca^{2+} , Mg^{2+} e Zn^{2+} nas vértebras e lipídio corporal.

Para contornar os efeitos negativos causados pela presença desse antinutriente é usual a adição de fitase para degradar o inositol hexaquisfosfato. No entanto, sua eficiência está relacionada com a forma de aplicação e a espécie em estudo. Sua suplementação pode melhorar o consumo do alimento, elevar a digestibilidade dos nutrientes e energia, apresentando impacto positivo no crescimento de peixes e camarão (FOX et al., 2006; NWANNA et al., 2008; WANG et al., 2009).

Kumar et al. (2011c) avaliaram o crescimento, a utilização de nutrientes, a hematologia e as respostas bioquímicas e metabólicas em tilápias alimentadas com 1,5% e 3% de fitato na dieta, com ou sem a utilização de fitase (1.500 UF kg^{-1}). Os animais apresentaram comprometimento no desempenho; redução do conteúdo corporal de proteína e lipídios, da hemoglobina, do hematócrito e dos eritrócitos, além de diminuição da digestibilidade da proteína e dos lipídios e menor atividade de amilase e protease, quando comparados ao grupo controle.

Todavia, pesquisas realizadas com carpa comum (*Cyprinus carpio*) não verificaram melhoria no desempenho dos animais quando alimentados com até 4.000 UF. Tal efeito se deve pela forma de aplicação da fitase na ração já pronta, além da característica inerente aos ciprinídeos (ausência de estômago), resultando em pH inapropriado para a atividade desta enzima (NWANNA; SCHWARZ, 2007).

Saponinas

As saponinas estão presentes em grande parte dos alimentos de origem vegetal utilizados para peixes. Apresentam estrutura química complexa, constituindo-se de uma variedade de glicosídeos ou esteroides, que podem ocasionar sabor amargo ao alimento, podendo reduzir a palatabilidade da

dieta, proporcionar a formação de espuma quando em contato com solução aquosa, e hemólise das células vermelhas do sangue (FRANCIS et al., 2001a). Por formar um complexo saponina-proteína, pode reduzir a digestibilidade, inibindo a hidrólise da quimiotripsina (SHIMOYAMADA et al., 1998). Quando presente na dieta de peixes, proporciona efeitos adversos no crescimento, alterações histológicas e redução no consumo (BUREAU et al., 1998; IWASHITA et al., 2009; KNUDSEN et al., 2007). Entretanto, quando adicionada à água, apresenta efeito tóxico, resultando em danos ao epitélio respiratório das brânquias (FRANCIS et al., 2001a). Além disso, possui capacidade de alterar a viscosidade intestinal, inibindo o aproveitamento de alguns nutrientes (FRANCIS et al., 2001a).

A saponina extraída da semente de *Sesbania aculeata*, quando administrada na dieta de carpas comuns, na quantidade de 0,24%, reduziu o crescimento, elevou a conversão alimentar e diminuiu os teores de proteína e lipídios no filé (HOSSAIN et al., 2001).

A saponina não é considerada termolábil. Porém, a partir de tratamento com etanol, pesquisadores conseguiram reduzir em até 50% sua concentração no pinhão-manso (MARTÍNEZ-HERRERA et al., 2006; REDDY; PIERSON, 1994). Resultados mais significativos foram obtidos por Devappa et al. (2008), também com o pinhão-manso, a partir de processo envolvendo pH alcalino, precipitação isoelétrica e aplicação de vapor, com eficiência de 98%. Por outro lado, Ameen et al. (2011) testaram a destoxificação do pinhão-manso com fungos (*Aspegillus niger* e *Mucor muced*), com redução significativa após fermentação dos microrganismos, com eficiência de 77% a 83%.

Knudsen et al. (2008), em estudo com salmão-do-atlântico, verificaram que a saponina aumentou a permeabilidade do intestino, tornando o epitélio mais suscetível a antígenos da microbiota. Por outro lado, a saponina Quillaja apresentou efeito positivo em tilápias e carpas, sendo verificado um efeito promotor de crescimento (FRANCIS et al., 2001b, 2002, 2005).

Saponinas estão presentes no farelo, de ambos os genótipos de *J. curcas*, em níveis de 1,8% a 3,4% (como diosgenina). No entanto, não possuem

atividade hemolítica. Além disso, os níveis de saponinas presentes em variedades tóxicas e atóxicas de pinhão-manso são semelhantes (MAKKAR; BECKER, 2009; MARTÍNEZ-HERRERA et al., 2006).

Lectina

A lectina é uma glicoproteína encontrada em vegetais, animais e microrganismos. Nos animais, caracteriza-se por gerar aglutinação dos eritrócitos e por ligar-se aos carboidratos no intestino, resultando em sérios danos à suas paredes (FRANCIS et al., 2001a).

Inicialmente, se atribuiu à curcina os efeitos tóxicos gerados pela ingestão de pinhão-manso (STIRPE et al., 1976). Esta é uma lectina que tem potencial de inibir a síntese proteica, assim como a ricina, proteína tóxica isolada da semente da mamona (*Ricinus communis*). Porém, foi relatado que o efeito da curcina é mil vezes menor que a ricina (GANDI et al., 1994), possivelmente por não apresentar carreadores intracelulares (STIRPE et al., 1976).

Este antinutriente é considerado termolábil (FRANCIS et al., 2001a). No entanto, em amostras de *J. curcas*, a lectina foi parcialmente (50%) inativada, quando submetida ao tratamento térmico (MAKKAR et al., 1998). Aregheore et al. (1998), também trabalhando com pinhão-manso, reportaram resultados de inativação usando o seguinte método: tratamento úmido + calor, 100 °C por 10 minutos, sobre a atividade hemaglutinante, de 102 para 1,17 unidades.

Por outro lado, o tratamento por fermentação biológica (*Bacillus subtilis* e *B. licheniformes*) não apresentou eficácia na inativação da lectina, apesar de ter reduzido os teores de éster de forbol, inibidores de protease e ácido fítico (PHENGNUAM; SUNTORNSUK, 2013). Entretanto, o tratamento com etanol, seguido de 0,07% de NaHCO₃, reduziu consideravelmente a atividade da lectina em acesso de pinhão-manso de diferentes províncias do México (MARTÍNEZ-HERRERA et al., 2006).

A lectina, quando combinada com saponina, gerou alterações histológicas no intestino distal em trutas arco-íris (IWASHITA et al., 2009). Para a carpa comum, quando alimentada com dietas com alta (51 unidades hemaglutinina) ou baixa (< 1,2 unidades) atividade de lectina, foi obtido crescimento similar (MAKKAR; BECKER, 1999). Segundo os autores, o efeito prejudicial é potencializado na presença de outros antinutrientes.

Considerações Finais

Os coprodutos oriundos da extração de óleo do pinhão-manso (torta e farelos) possuem diferentes aplicações. Dentre as que agregariam maior valor comercial, destaca-se a utilização como fonte proteica para a alimentação animal. Apesar de apresentar composição nutricional equivalente a alguns alimentos convencionais utilizados pelas fábricas de ração, possui altos teores de compostos antinutricionais como inibidores de tripsina, lectinas (curcina), saponinas e fitatos, além de tóxicos, como o éster de forbol, que é derivado de diterpenos bioativos que desencadeiam uma série de alterações celulares. Dessa forma, o processo de destoxificação das tortas e farelos de pinhão-manso é fundamental para a avaliação de uma potencial aplicação em rações para peixes e outros organismos aquáticos.

Pesquisas têm avaliado diferentes processos de destoxificação da torta e farelo de pinhão-manso a partir de tratamentos químicos, físicos e biológicos, com resultados efetivos. Por outro lado, diferentes formas estruturais do éster de forbol foram identificadas e seus efeitos, de forma isolada e conjunta, devem ser avaliados para diferentes espécies de peixes. Foram identificados alguns acessos naturalmente atóxicos de pinhão-manso, o que possibilitaria uma nova frente de pesquisas com tais cultivares.

Agradecimentos

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C. da; GODOI, A. R. de; CARMO, C. de A.; EDUARDO, J. L. de P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 260-258, 2008. Número especial.

ABDEL-SHAIFY, S.; NASR, S. M.; ABDEL-RAHMAN, H. H.; HABEEB, S. M. Effect of various levels of dietary *Jatropha curcas* seed meal on rabbits infested by the adult ticks of *Hyalomma marginatum marginatum*. I. Animal performance, anti-tick feeding and haemogram. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburg, v. 43, n. 2, p. 347-357, Feb. 2011.

ABOU-ARAB, A. A.; ABU-SALEM, F. M. Nutritional quality of *Jatropha curcas* seeds and effect of some physical and chemical treatments on their anti-nutritional factors. **African Journal of Food Science**, Lagos, v. 4, n. 3, p. 93-103, 2010.

ADAM, S. E. I. Toxic effects of *Jatropha curcas* in mice. **Toxicology**, Amsterdam, v. 2, n. 1, p. 67-76, Mar. 1974.

ADAM, S. E. I.; MAGZOUN, M. Toxicity of *Jatropha curcas* for goats. **Toxicology**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 388-389, 1975.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Effects of *Jatropha curcas* on calves. **Veterinary Pathology**, Basel, v. 16, n. 3, p. 476-482, July 1979.

AMEEN, O. M.; BELEWU, M. A.; ONIFADE, O. O.; ADETUTU, S. O. Chemical composition of biologically treated *Jatropha curcas* kernel cake. **International Journal of Science and Nature**, Lucknow, v. 2, n. 4, p. 757-759, 2011.

ANNONGU, A.; BELEWU, M.; JOSEPH, J. Potentials of *Jatropha* seeds as substitute protein in nutrition of poultry. **Research Journal of Animal Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 1, p. 1-4, 2010.

AREGHEORE, E. M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of *Jatropha curcas* using latex agglutination and haemagglutination methods and inactivation of lectin by heat treatments. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 77, n. 3, p. 349–352, July 1998.

BECKER, K.; MAKKAR, H. P. S. Effect of phorbol esters in carp (*Cyprinus carpio* L.). **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v. 40, n. 2, p. 82-86, Apr. 1998.

BELEWU, M. A.; BELEWU, K.; OGUNSOLA, F. Nutritive value of dietary fungi treated *Jatropha curcas* kernel cake: voluntary intake, growth and digestibility coefficient of goat. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v. 1, n. 2, p. 135-138, 2010.

BELEWU, M. A.; OGUNSOLA, F. O. Haematological and serum indices of goat fed fungi treated *Jatropha curcas* kernel cake in a mixed ration. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**, Lagos, v. 2, n. 3, p. 35-38, Mar. 2010.

BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA 2011. [Brasília, DF]: Ministério da Pesca e Aquicultura, [2012?]. 60 p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf>. Acesso em: 15 out. 2013.

BUREAU, D. P.; HARRIS, A. M.; CHO, C. Y. The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, n. 1/4, p. 27–43, 1998.

DENSTADLI, V.; SKREDE, A.; KROGDAHL, A.; SAHLSTRØM, S.; STOREBAKKEN, T. Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 256, n. 1/4, p. 365–376, June 2006.

DEVAPPA, R. K.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *Jatropha* diterpenes: a review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 88, n. 3, p. 301–322, 2011.

DEVAPPA, R. K.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Optimization of conditions for the extraction of phorbol esters from *Jatropha* oil. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 34, n. 8, p. 1125-113, Aug. 2010.

DEVAPPA, R. K.; SWAMYLINGAPPA, B. Biochemical and nutritional evaluation of *Jatropha* protein isolate prepared by steam injection heating for reduction of toxic and antinutritional factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 88, n. 5, p. 911-919, Apr. 2008.

EL DIWANI, G. I.; EL RAFEI, S.; HAWASH, S. I. Ozone for phorbol esters removal from Egyptian *Jatropha* oil seed cake. **Advances in Applied Science Research**, Idaipur, v. 2, n. 4, p. 221-232, 2011.

EL-FADEL, M.; HUSSEIN, A.; MOHAMED, A. Incorporation *Jatropha curcas* meal on lambs ration and it's effect on lambs performance. **Nature and Science**, Garden City, v. 9, n. 2, p. 15-18, 2011.

EL-GAMASSY, I. **Improved wastewater reuse practices feasibility study on growing *Jatropha* utilizing treated wastewater in Luxor**. [Cairo]: IRG, 2008. 32 p. (IRG. Report, n. 57).

FERNANDES, R. N. **Valor nutritivo do farelo de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal.

FERRARI, R. A.; CASARINI, M. B.; MARQUES, D. A.; SIQUEIRA, W. J. Avaliação da composição química e de constituintes tóxico em acessos de pinhão-manso de diferentes origens. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 4, p. 309-314, 2009.

FERREIRA, O. R.; BRITO, S. S.; LIMA, F. G.; SOUZA, D. P. M.; MENDONÇA, S.; RIBEIRO, J. A. A.; MAIORKA, P. C.; ARAÚJO, V. L.; NEIVA, J. N. M.; FIORAVANTE, M. C. S.; RAMOS, A. T.; MARUO, V. M. Toxicidade do pericarpo da *Jatropha curcas* em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 3, p. 559-567, jun. 2012.

FOX, J. M.; LAWRENCE, A.; SICCARDI III, A. J.; DAVIS, D. A.; RICQUEMARIE, D.; CRUZ-SUAREZ, E.; SAMOCHA, T. Phytase supplementation in aquaculture diets improves fish, shrimp growth performance. **Global Aquaculture Advocate**, St. Louis, p. 64-66, Feb. 2006.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish - review. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 199, n. 3/4, p. 197–227, Aug. 2001a.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Dietary supplementation with a *Quillaja* saponin mixture improves growth performance and metabolic efficiency in common carp (*Cyprinus carpio* L). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, n. 3/4, p. 311–320, Jan. 2002.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Effects of *Quillaja* saponins on growth, metabolism, egg production and muscle cholesterol in individually reared Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 129, n. 2, p. 105–114, June 2001b.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *Quillaja* saponins - a natural growth promotor for fish. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 121, n. 1/2, p. 147–157, June 2005.

GANDI, V. M.; CHERIAN, K. M.; MULKY, M. J. Detoxification of castor seed meal by interaction with sal seed meal. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 71, n. 8, p. 827-831, 1994.

GANDI, V. M.; CHERIAN, K. M.; MULKY, M. J. Toxicological studies on ratanjyot oil. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 39-42, Jan. 1995.

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. S., FRANCIS, G., BECKER, K. Phorbol esters: structure, biological activity and toxicity in animals. **International Journal of Toxicology**, London, v. 26, n. 4, p. 279-288, July 2007.

GONÇALVES, S. B.; MENDONÇA, S.; LAVIOLA, B. G. **Substâncias tóxicas, alergênicas e antinutricionais presentes no pinhão-manso e seus derivados e procedimentos adequados ao manuseio**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. 5 p. (Embrapa Agroenergia. Circular técnica, 1).

GUSMÃO, C. A. G **Desempenho do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) de segundo ano submetido a diferentes doses e relação NPK**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba.

HAAS, H.; MITTELBAACH, M. Detoxification experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L. **Industrial Crops and Products**, Tucson, v. 12, n. 2, p. 111–118, Aug. 2000.

HAAS, W.; STERK, H.; MITTLEBACH, M. Novel 12-deoxy-16-hydroxyphorbol diesters isolated from the seed oil of *Jatropha curcas*. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 65, n. 10, p. 1434–40, Oct. 2002.

HARTER, T.; BUHRKE, F.; KUMAR, V.; FOCKEN, U.; MAKAR, H. P. S.; BECKER, K. Substitution of fish meal by *Jatropha curcas* kernel meal: effects on growth performance and body composition of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 542–548, Oct. 2011.

HOSSAIN, M. A.; FOCKEN, U.; BECKER, K. Evaluation of an unconventional legume seed, *Sesbania aculeata*, as a dietary protein source for common carp, *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 198, n. 1/2, p. 129-140, June 2001.

IWASHITA, Y.; SUZUKI, N.; MATSUNARI, H.; SUGITA, T.; YAMAMOTO, T. Influence of soya saponin, soya lectin, and cholytaurine supplemented to a casein-based semipurified diet on intestinal morphology and biliary bile status in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Fisheries Science**, Oxford, v. 75, n. 5, p. 1307–1315, Sept. 2009.

JOSHI, C.; MATHUR, P.; KHARE, S. K. Degradation of phorbol esters by *Pseudomonas aeruginosa* PseA during solid-state fermentation of deoiled *Jatropha curcas* seed cake. **Bioresource Technology**, Essex, v. 102, n. 7, p. 4815-4819, Apr. 2011.

KATOLE, S.; SAHA, S. K.; SASTRY, V. R. B.; LADE, M. H.; PRAKASH, B. Intake, blood metabolites and hormonal profile in sheep fed processed *Jatropha* (*Jatropha curcas*) meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 170, n. 1/2, p. 21–26, Nov. 2011.

KING, A. J.; HE, W.; CUEVAS, J. A.; FREUDENBERGER, M.; RAMIARAMANANA, D.; GRAHAM, I. A. Potential of *Jatropha curcas* as a source of renewable oil and animal feed. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 10, p. 2897–2905, July 2009.

KNUDSEN, D.; JUTFELT, F.; SUNDH, H.; SUNDELL, K.; KOPPE, W.; FRØKIÆR, H. Dietary soya saponins increase gut permeability and play a key role in the onset of soybean induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 100, n. 1, p. 120–129, July 2008.

KNUDSEN, D.; URAN, P. A.; ARNOUS, A.; KOPPE, W.; FRØKIÆR, H. Saponin-containing sub-fractions of soybean molasses induce enteritis in the distal intestine of Atlantic salmon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 55, n. 6, p. 2261–2267, Mar. 2007.

KODEKALRA, R. D. **Isolation, characterization and potential agropharmaceutical applications of phorbol esters from *Jatropha curcas* oil**. 2012. 232 p. Dissertation (Ph. D. in Agricultural Sciences) - University of Hohenheim, Stuttgart.

KOHLMEIER, M. Water-soluble vitamins and non-nutrients: inositol. In: _____. **Nutrient metabolism: structures, functions and genetics**. San Diego: Academic, 2003. p. 634-642.

KROME, C.; JAUNCEY, K.; FEDDERKE, S.; FOCKEN, U. Effect of replacing different levels of dietary fishmeal with *Jatropha curcas* kernel meal on the development of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 30, n. 3, p. 507-512, June 2014.

KUMAR, V.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Detoxified *Jatropha curcas* kernel meal as a dietary protein source: growth performance, nutrient utilization and digestive enzymes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 17, n. 3, p. 313–326, June 2011a.

KUMAR, V.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional, physiological and haematological responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed detoxified *Jatropha curcas* kernel meal. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 17, n. 4, p. 451–467, Aug. 2011b.

KUMAR, V.; MAKKAR, H. P. S.; DEVAPPA, R. K.; BECKER, K. Isolation of phytate from *Jatropha curcas* kernel meal and effects of isolated phytate on growth, digestive physiology and metabolic changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 2144–2156, Sept. 2011c.

LAINING, A.; TRAFALGAR, R. F.; THU, M.; KOMILUS, C. F.; KADER, M. A. Influence of dietary phytic acid on growth, feed intake, and nutrient utilization in juvenile japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 41, n. 5, p. 476–755, Oct. 2010.

LAVIOLA, B. G.; MENDONÇA, S.; RIBEIRO, J. A. A. Caracterização de acessos de pinhão-manso quanto a toxidez. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Inclusão social e energia**: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1617–1622. 1 CD-ROM.

LI, C.-Y.; DEVAPPA, R. K.; LIU, J.-X.; LV, J.-M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Toxicity of *Jatropha curcas* phorbol esters in mice. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 48, n. 2, p. 620–625, Feb. 2010.

LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.

LOEWUS, F. A.; MURTHY, P. P. N. *Myo*-inositol metabolism in plants. **Plant Science**, Oxford, v. 150, n. 1, p. 1-19, Jan. 2000.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. *Jatropha curcas*, a promising crop for the generation of biodiesel and value-added coproducts. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 111, n. 8, p. 773–787, Aug. 2009.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional studies on rats and fish (carp *Cyprinus carpio*) fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance. **Plant Foods for Human Nutrition**, New York, v. 53, n. 3, p. 183–292, 1999.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SCHMOOK, B. Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo State of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 52, n. 1, p. 31-36, 1998.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, n. 8, p. 3152–3157, Aug. 1997.

MAKKAR, H. P. S.; MAES, J.; DE GREYT, W.; BECKER, K. Removal and degradation of phorbol esters during pre-treatment and transesterification of *Jatropha curcas* oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 86, n. 2, p. 173-181, Feb. 2009.

MARTÍNEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G.; DÁVILA-ORTÍZ, G., BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from México. **Food Chemistry**, Barking, v. 96, n. 1, p. 80–89, May 2006.

MENDONÇA, S.; LAVIOLA, B. G. **Uso potencial e toxidez da torta de pinhão-manso**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. 8 p. (Embrapa Agroenergia. Comunicado técnico, 1).

MUJUMDAR, A. M.; MISAR, A. V. Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 11–15, Jan. 2004.

NITHIYANANTHAM, S.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G. Potential of *Jatropha curcas* as a biofuel, animal feed and health products. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 89, n. 6, p. 961-972, June 2012.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NWANNA, L. C.; KOLAHSA, M.; EISENREICH, F.; SCHWARZ, F.J. Pre-treatment of dietary plant feedstuffs with phytase and its effect on growth and mineral concentration in common carp (*Cyprinus carpio* L). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 92, n. 6, p. 677-682, Dec. 2008.

NWANNA, L. C.; SCHWARZ, F. J. Effect of supplemental phytase on growth, phosphorus digestibility and bone mineralisation of common carp (*Cyprinus carpio* L). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n. 10, p. 1037-1044, July 2007.

ODUSOTE, O. M.; ABIOYE, A. O.; ROTIBI, M. O. *Jatropha curcas* seed oil linn (*Euphorbiaceae*) contraceptive activity and on oral formulation. **Nigerian Quarterly Journal of Hospital Medicine**, Lagos, v. 12, n. 1, p. 44–47, 2002.

PEIXES e camarões. **Boletim Informativo do Setor de Alimentação Animal**, Cerqueira César, p. 5, maio 2013. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2013/05/boletim-informativo-do-setor_maio-2013_versao_portugues-final.pdf>. Acesso em: 7 out. 2013.

PHENGNUAM, T.; SUNTORNSUK, W. Detoxification and anti-nutrients reduction of *Jatropha curcas* seed cake by *Bacillus* fermentation. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 115, n. 2, p. 168-172, Feb. 2013.

PRASAD, L.; PRADHAN, S.; DAS, L. M.; NAIK, S. N. Experimental assessment of toxic phorbol ester in oil, biodiesel and seed cake of *Jatropha curcas* and use of biodiesel in diesel engine. **Applied Energy**, London, v. 93, p. 245–250, May 2012. Special edition.

REDDY, N. R.; PIERSON, M. D. Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods by fermentation. **Food Research International**, Ottawa, v. 27, n. 3, p. 281–290, 1994.

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIA, D. A.; PAPPAS, M. C. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular markers reveal limited genetic diversity in a large germplasm collection of the biofuel crop *Jatropha curcas* L. in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 6, p. 2372-2382, Nov. 2010.

RYAN, C. A. Protease inhibitors in plants: genes for improving defense against insects and pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 28, p. 425–449, 1990.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso *Jatropha curcas* L. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-54, 56-74, 76-78, 2005.

SHIMOYAMADA, M.; IKEDO, S.; OOTSUBO, R.; WATANABE, K. Effects of soybean saponins on chymotryptic hydrolyses of soybean proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 46, n. 12, p. 4793-4797, Dec. 1998.

SMITH, C.; VAN MEGEN, W.; TWAALFHOVEN, L.; HITCHCOCK, C. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 31, n. 4, p. 341-350, Apr. 1980.

SOUSA, T. V.; ALKIMIM, E. R.; SOUZA, S. A.; COSTA, M. R. Uso de marcadores SSR para caracterização molecular de acessos de *Jatropha curcas* L. quanto à toxidez. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 12.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2011, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: Unimontes, 2011. p.1-4.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, out. 2009.

STIRPE, F.; PESSON BRIZZI, A.; LORENZONI, E.; STROCHI, P.; MONTANARO, L.; SPERTI, S. Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and *Jatropha curcas*. **The Biochemical Journal**, London, v. 156, n. 1, p. 1-6, Apr. 1976.

WAKANDIGARA, A.; NHAMO, L. R. M.; KUGARA, J. Chemistry of phorbol ester toxicity in *Jatropha curcas* seed – a review. **International Journal of Biochemistry Research & Review**, Gurgaon, v. 3, n. 3, p. 146-161, July 2013.

WANG, F.; YANG, Y. H.; HAN, Z. Z.; DONG, H. W.; YANG, C. H.; ZOU, Z. Y. Effects of phytase pretreatment of soybean meal and phytase-sprayed in diets on growth, apparent digestibility coefficient and nutrient excretion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). **Aquaculture International**, Andrews, v. 17, n. 2, p. 143-157, 2009.

WEE, K. L.; SHU, S. W. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 81, n. 3/4, p. 303–314, Oct. 1989.

WINK, M.; KOSCHMIEDER, C.; SAUERWEIN, M.; SPORER, F. Phorbol esters of *J. curcas* – biological activities and potential applications. In: GÜBITZ, G. M.; MITTELBACH, M.; TRABI, M. (Ed.). **Biofuel and industrial products from *Jatropha curcas***. Graz: Technische Universität Graz, 1997. p. 160-166.

WORKAGEGN, K. B.; ABABBO, E. D.; TOSSA, B. T. The effect of dietary inclusion of *Jatropha curcas* kernel meal on growth performance, feed utilization efficiency and survival rate of juvenile Nile tilapia. **Journal of Aquaculture Research & Development**, Sunnyvale, v. 4, n. 5, p. 1-5, 2013.

XIAO, J.; ZHANG, H. Comparative evaluation of *Jatropha curcas* L. seed meals obtained by different methods of defatting on toxic, antinutritional and nutritive factors. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 51, n. 6, p. 1126-1132, June 2014.



Agropecuária Oeste

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

